



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**  
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

**STŘEŠNÍ DESKA NAD PARKOVIŠTĚM MEZI  
BYTOVÝMI DOMY**  
ROOF SLAB ABOVE THE CAR PARK BETWEEN RESIDENTIAL HOUSES

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

Bc. Ondřej Michna

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Ondřej Michna
<b>Název</b>	Střešní deska nad parkovištěm mezi bytovými domy
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jan Perla
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2016
<b>Datum odevzdání</b>	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

---

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,  
MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, řezy, půdorysy, IGP

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí (část 1-1 až 1-7)

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura:

podle doporučení vedoucího diplomové práce

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Návrh a posouzení alternativ betonové střešní konstrukce jednopodlažních krytých parkovacích stání mezi bytovými domy, která je shora využita jako terasa veřejného prostoru. Alternativy řešení budou dotaženy do stádia prováděcí dokumentace.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic).

Výkresová část:

- výkresy tvaru;

- výkresy výztuže stropní desky a svislých konstrukcí.

Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce).

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Jan Perla

Vedoucí diplomové práce

## ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh střešní desky mezi bytovými domy ve dvou variantách. vnitřní síly jsou řešeny softwarem RFEM. Součástí práce je návrh sloupu, ruční výpočet vnitřních sil se srovnáním s konečno prvkovým výpočtem a výkresová dokumentace.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Železobetonová střešní deska, monolitická střešní deska, ortotropní deska, železobeton, beton, vnitřní síly, ohyb, smyk, protlačení, sloup, interakční diagram, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

## ABSTRACT

This diploma thesis focuses on the design of roof slab in two options. Internal forces are calculated by software RFEM. The thesis also includes design of column, manual calculation and comparison with finite element method and drawings.

## KEYWORDS

Reinforced concrete roof slab, cast-in-place roof slab, orthotropic slab, reinforced concrete, concrete, internal forces, bending, sheer, punching, column, interaction diagram, ultimate limit state, serviceability limit state

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Ondřej Michna *Střešní deska nad parkovištěm mezi bytovými domy*. Brno, 2017. 24 s., 441 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2017

---

Bc. Ondřej Michna  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Janu Perlovi za ochotu, trpělivost a čas, který mi věnoval v průběhu zpracování práce.

Dále bych chtěl poděkovat také své rodině, která mě v průběhu celého studia podporovala a byla mi oporou i v průběhu zpracování práce.



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**  
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

## **A) PRŮVODNÍ ZPRÁVA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

Bc. Ondřej Michna

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2017



## Obsah

1. ÚVOD.....	10
2. POPIS OBJEKTU .....	10
2.1. OBECNÝ POPIS .....	10
2.2. GEOLOGICKÉ POMĚRY .....	11
2.3. ZALOŽENÍ OBJEKTU .....	11
2.4. VODOROVNÉ KONSTRUKCE.....	11
2.4.1. STŘEŠNÍ DESKA VE VYLEHČENÉ VARIANTĚ .....	11
2.4.2. STŘEŠNÍ DESKA VE VARIANTĚ S HLAVICEMI .....	12
2.5. SVISLÉ KONSTRUKCE .....	12
3. PROVÁDĚCÍ POSTUPY .....	13
4. ZATÍŽENÍ.....	13
4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ .....	13
4.2. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ .....	13
4.3. ZATÍŽENÍ SNĚHEM .....	14
4.4. ZATÍŽENÍ VĚTREM .....	14
4.5. ZATÍŽENÍ TEPLOTOU .....	14
4.6. ZATÍŽENÍ SMRŠTĚNÍM .....	14
4.7. KOMBINACE VÝSLEDKŮ .....	14
5. MATERIÁLY.....	15
6. POSTUP VYZTUŽOVÁNÍ .....	16
7. POROVNÁNÍ RUČNÍHO VÝPOČTU S RFEM .....	17
7.1. VARIANTA VYLEHČENÁ .....	17
7.2. VARIANTA S HLAVICEMI .....	17
8. POROVNÁNÍ CENOVÉ NÁROČNOSTI.....	18
8.1. VARIANTA VYLEHČENÁ – ROZPOČET .....	18
8.2. VARIANTA S HLAVICEMI – ROZPOČET.....	19
9. ZÁVĚR.....	19
10. ZDROJE .....	20
11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	22
12. SEZNAM PŘÍLOH .....	24

## 1. ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem železobetonové střešní desky nad parkovištěm mezi bytovými domy. Cílem práce je zpracování dvou variant řešení střešní konstrukce a vybraných svislých nosných konstrukcí. Varianty střešní konstrukce jsou zvoleny jako deska s vnějším vylehčením plastovými tvarovkami tvořící kazetovou desku a deska s hlavicemi.

Stanovení vnitřních sil bylo provedeno v programu RFEM 5.06, ty byly srovnány s ručním výpočtem metodou náhradních rámců.

Pro posouzení bylo použito ručního výpočtu, případně výpočtu v programu EXCELL a FIN EC.

Výsledkem práce je srovnání metody náhradních rámců s deskovým modelem, návrh a posouzení střešní desky a dilatačních smykových trnů ve dvou variantách, posouzení sloupu vybrané varianty střešní desky a příslušná výkresová dokumentace.

## 2. POPIS OBJEKTU

### 2.1. OBECNÝ POPIS

Řešeným objektem je kryté parkovací stání mezi bytovými domy. Objekt je jednopodlažní o největších půdorysných rozměrech 60,3 x 49,6 m situovaný v Brně, městské části Lesná, ulice Majdalenky. Výška podlahy 1NP -0,020 m pod úrovní podlahy přilehlých bytových domů. Konstrukční výška 1NP 3,15 m. V prostoru 1 NP se nachází celkem 103 parkovacích stání z toho 2 pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Vstup do objektu je umožněn dvěma samostatnými vjezdy pro osobní automobily a třemi vstupy z přilehlých bytových domů. Střešní konstrukce je řešená jako zelená střecha, přístupná pro obyvatele přilehlých bytových domů.

Objekt je založen na železobetonových základových. Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny sloupy. Po obvodu bytových domů je konstrukce podepřena pomocí smykových trnů. Nosná konstrukce střešní desky je monolitická železobetonová konstrukce tloušťky 360 mm s prostorovým vylehčením z plastových tvarovek UNINOX. V případě varianty s hlavicemi střešní deska tloušťky 260 mm, s hlavicemi o celkové tloušťce 460 mm.

## 2.2. GEOLOGICKÉ POMĚRY

V rámci posouzení geologických poměrů byl proveden inženýrsko-geologický průzkum, včetně čtyř vrtů, ze kterých byly odebrány vzorky zeminy. Základové poměry byly označeny jako jednoduché. Na celé ploše se vyskytuje skalní podloží poměrně mělce pod povrchem terénu, které je uloženo zhruba vodorovně a netvoří nerovnosti, které by byly vyplněny geotechnicky méně vhodným materiálem. Hladina podzemní vody se nebude projevovat v rozsahu aktivní zóny.

## 2.3. ZALOŽENÍ OBJEKTU

Objekt je založen na železobetonových základových patkách tloušťky 600 mm na podkladním betonu tloušťky 50 mm. Hloubka základové spáry -1,050 m.

Základové patky byly rozděleny do 6 skupin dle polohy a zatížení:

P1 – 2400/2400 mm – 20 ks

P2 – 2100/2100 mm – 12 ks

P3 – 1750/1750 mm – 4 ks

P4 – 1500/1500 mm – 3 ks

P5 – 1300/1300 mm – 8 ks

P6 – 1000/1000 mm – 1 ks

Založení objektu není součástí diplomové práce, základové patky byly převzaty z podkladů.

## 2.4. VODOROVNÉ KONSTRUKCE

Vodorovné konstrukce byly navrženy na MSÚ, MSP – šířku trhlíny a průhyb konstrukce a zjednodušenou tabulkovou metodou na účinky požáru.

### 2.4.1. STŘEŠNÍ DESKA VE VYLEHČENÉ VARIANTĚ

Nosná konstrukce střešní desky je tvořena monolitickou železobetonovou konstrukcí tloušťky 360 mm s prostorovým vylehčením z plastových tvarovek UNINOX typ 70/27. Oblasti mezi jednotlivými sloupy a při okrajích desky jsou bez vylehčujících tvarovek. Podporující prvky jsou sloupy a po obvodě bytových domů je konstrukce podepřena pomocí smykových trnů Schöck SLD Q 70.

Beton třídy C30/37, ocel B550B pro vázanou výztuž. V oblasti vnitřních a sloupů jsou navrženy smykové trny proti protlačení JDA-3/16/295-660. V oblasti sloupů při levém a pravém okraji jsou navrženy smykové trny proti protlačení JDA-3/16/295-660 a JDA-2/20/305-460.

Výztuž u spodního povrchu je navržena o průměru R14 případně R18 pro oblasti vylehčené, při okrajích desky lokálně použito výztuže o průměru R12. V oblasti vylehčujících tvarovek je použito smykové výztuže o průměru R6. Výztuž u horního povrchu je navržena průměru R14 a v oblasti sloupů doplněna o výztuž o průměru R18. Výztuž je vázaná v pravoúhlém systému.

#### 2.4.2. STŘEŠNÍ DESKA VE VARIANTĚ S HLAVICEMI

Nosná konstrukce je tvořena monolitickou železobetonovou konstrukcí tloušťky 260 mm v oblasti polí a v oblasti sloupů je zesílena hlavicemi na celkovou tloušťku 460 mm. Hlavice jsou půdorysných rozměrů 2300 x 2500 mm pro vnitřní sloupy, 1300 x 2500 mm pro sloupy při levém a pravém okraji a 1500 x 2300 mm pro sloupy při horním a spodním okraji.

Podporující prvky jsou sloupy a po obvodě bytových domů je konstrukce podepřena pomocí smykových trnů Schöck SLD Q 70.

Beton třídy C30/37 a ocel B550B pro vázanou výztuž. Deska vyhoví na smykové namáhání bez potřeby smykové výztuže.

Výztuž u spodního povrchu je navržena o průměru R12. Výztuž u horního povrchu je navržena o průměru R12, v oblasti sloupů doplněna o výztuž o průměru R18. Výztuž je vázaná v pravoúhlém systému.

### 2.5. SVISLÉ KONSTRUKCE

Svislé nosné konstrukce byly navrženy pro variantu s vnějším vylehčením na MSÚ, na mimořádné zatížení vyvozené nárazem vozidla a zjednodušenou tabulkovou metodou na účinky požáru.

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny sloupy o půdorysných rozměrech 300 x 500 mm.

Beton třídy C30/37 a třída oceli B550B

Sloupy jsou rozděleny do skupin dle umístění a dle namáhání. Navržena výztuž sloupu o průměru R16, třmínky R8.

Sloup S1 - 300/500 mm – 32 ks

Sloup S2 – 300/500 mm – 7 ks

Sloup S3 – 300/500 mm – 8 ks

Sloup S4 – 300/500 mm – 1 ks

### 3. PROVÁDĚCÍ POSTUPY

Bednění musí být provedeno jako dostatečně tuhé, aby byl zajištěn předepsaný tvar konstrukce a aby vyhovělo maximálním povoleným odchylkám v průběhu betonáže i po odbednění. Plošné odbednění je možné provést po 14 dnech, po odstranění plošného bednění je potřeba konstrukci podepírat po dobu dalších 14 dní v rastru 3 x 3 m.

Výztuž musí být provedena dle výkresů výztuže se zajištěním minimální krycí vrstvy pomocí distančních prvků. Provedení výztuže je nutné průběžně kontrolovat a po dokončení provést celkovou kontrolu uložené výztuže.

Betonáž musí být provedena tak, aby nedošlo k rozmístění jednotlivých složek betonové směsi a aby byla kvalita betonu ve všech částech konstrukce stejná.

Betonáž nesmí být prováděna v teplotách nižších než 5°C.

### 4. ZATÍŽENÍ

#### 4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Stálé zatížení zahrnuje vlastní tíhu konstrukce a všechny vrstvy skladeb střešního pláště dle rozmístění na konstrukci.

#### 4.2. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Vzhledem k využití střechy jako pochůzí zelené střechy, která může sloužit jako místo ke shromažďování osob přilehlých bytových domů bylo užité zatížení zatíženo dle ČSN EN 1991-1-1 do kategorie I – přístupné střechy v souladu s kategorií A až G. Nej přesněji odpovídá využití střechy kategorii C – plochy, kde dochází ke shromažďování osob. V podkategoriích však není uveden případ, který by přímo odpovídal využití střechy, proto bude uvažováno zatížení v rozmezí 2 – 3 kN/m<sup>2</sup>. S hodnotou vstupující do výpočtu rovnou 2,5 kN/m<sup>2</sup>. Zatížení je uvažováno v celkem v 7 zatěžovacích stavech.

#### 4.3. ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Dle ČSN EN 1991-1-3 se objekt nachází ve sněhové oblasti II, charakteristická hodnota zatížení sněhem  $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ .

#### 4.4. ZATÍŽENÍ VĚTREM

Dle ČSN EN 1991-1-4 byla pro objekt nacházející se v kategorii terénu IV a větrné oblasti II stanovena základní rychlost větru  $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$ .

Zatížení je uvažováno ve 4 směrech – vítr levý, pravý, horní, spodní. Ve výpočtu je uvažováno také se sáním větru. Celkový počet zatěžovacích stavů větrem je 8 (tlak a sání ve čtyřech směrech).

#### 4.5. ZATÍŽENÍ TEPLOTOU

Pro výpočet šířky dilatační spáry bylo uvažováno s maximální zimní teplotou  $-28,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , dle ČSN EN 1991-1-5.

#### 4.6. ZATÍŽENÍ SMRŠTĚNÍM

Pro výpočet šířky dilatační spáry, průhybu a trhlin byly určeny hodnoty smrštění pro každý prvek konstrukce zvlášť, v čase životnosti konstrukce 50 let.

#### 4.7. KOMBINACE VÝSLEDKŮ

Kombinace účinků jednotlivých zatěžovacích stavů byly vytvořeny dle ČSN EN 1991 ručně dle rovnic 6.10a a 6.10b pro MSÚ a 6.14b, 6.15b a 6.16b pro výpočet MSP. Kombinace byly vytvořeny pomocí kombinace výsledku v programu RFEM.

Rovnice 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.14b

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.15b

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.16b

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Dílčí součinitele spolehlivosti

Stálé zatížení (nepříznivé účinky)

$$\gamma_{G,j} = 1,35$$

Proměnné zatížení

$$\gamma_{Q,i} = 1,50$$

Kombinační součinitele  $\psi$

Užitná zatížení kategorie C – shromažďovací plochy

$$\psi_0 = 0,7$$

$$\psi_1 = 0,7$$

$$\psi_2 = 0,6$$

Zatížení větrem

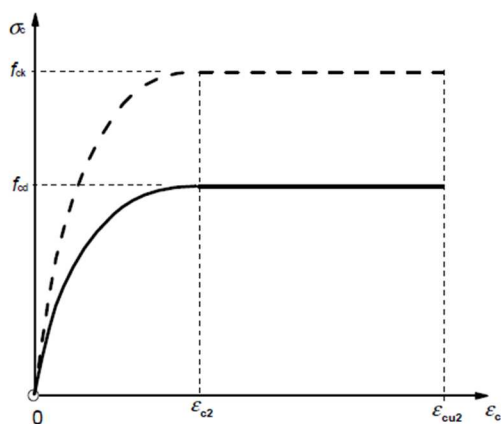
$$\psi_0 = 0,6$$

$$\psi_1 = 0,2$$

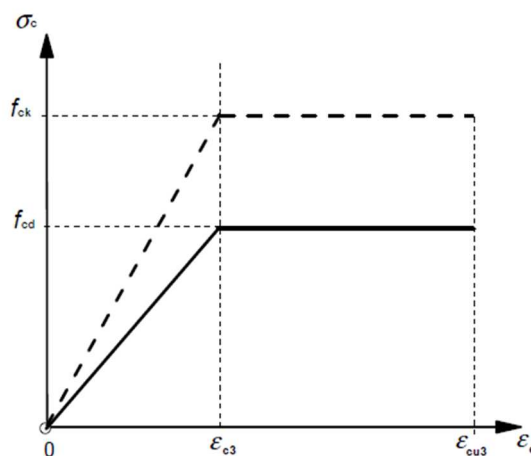
$$\psi_2 = 0,0$$

## 5. MATERIÁLY

BETON C 30/37



Parabolicko-rektangulární pracovní diagram betonu v tlaku



Bilineární pracovní diagram betonu v tlaku

Pro výpočet vylehčené varianty bylo uvažováno parabolicko-rektangulárního pracovního diagramu betonu v tlaku, pro variantu s hlavicemi bilineárního pracovního diagramu betonu v tlaku.

Modul pružnosti

$$E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$

Charakteristická válcová pevnost v tlaku

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

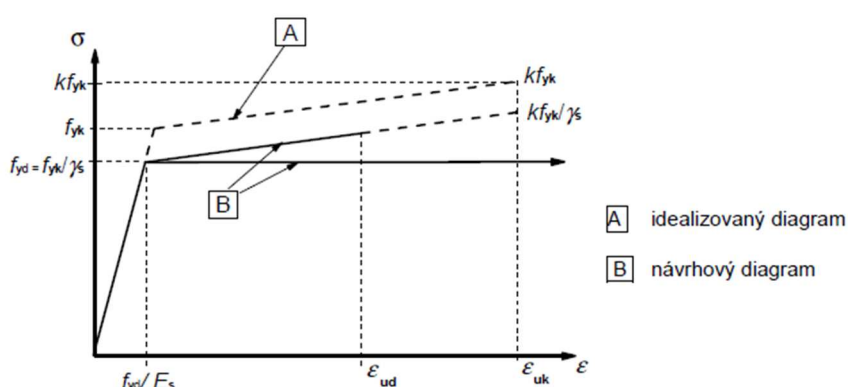
Návrhová pevnost betonu v tlaku

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

Pevnost betonu v tahu

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

OCEL B550B



Pracovní diagram betonářské oceli

Modul pružnosti

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

Charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 550 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota meze kluzu

$$f_{yd} = 478,26 \text{ MPa}$$

Pro výpočet vylehčené varianty bylo uvažováno stoupající větve, kdy maximální napětí  $k \cdot f_{yk} / \gamma_s$  je dosaženo při poměrném přetvoření  $\epsilon_{uk}$ , kde  $k = (f_t / f_y) k$ . Minimální hodnota  $k \geq 1,08$ . Poměrné přetvoření je omezeno hodnotou  $\epsilon_{ud}$ .  $\epsilon_{ud} = 0,9 \cdot \epsilon_{uk}$

Návrhová hodnota meze kluzu při  $\epsilon_{ud}$

$$f_{yd} = 512,70 \text{ MPa}$$

## 6. POSTUP VYZTUŽOVÁNÍ

Pro obě varianty byly vytvořeny prostorové modely v programu RFEM tvořené deskami a pruty. Výpočetní program RFEM pracuje na metodě konečných prvků.

Konstrukce je navržena na dimenzační momenty a normálové síly, které byly odečteny z výpočetního programu RFEM.



Pro variantu vylehčenou bylo použito pro posouzení programu FIN EC – Beton, ve kterém byly zadány vnitřní síly do interakčního diagramu.

Pro variantu s hlavicemi byla posouzení provedeno ručně na základě silové a momentové rovnováhy.

Návrh je proveden tak, aby vyhověl požadavkům na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti dle ČSN EN 1992-1-1.

## 7. POROVNÁNÍ RUČNÍHO VÝPOČTU S RFEM

### 7.1. VARIANTA VYLEHČENÁ

Porovnáme-li výsledky získané metodou náhradních rámců a deskového modelu, dojdeme k závěru, že v oblasti sloupového pruhu (oblasti tvořené především deskou o konstantní tloušťce) je chování konstrukce vystihnuto poměrně přesně. Rozdíl momentů se pohybuje od 2,5 do 12,1 %. Ovšem co se týče chování konstrukce v oblasti vylehčení desky dosahují rozdíly od 0 do 49,6 %. Toto chování je ovlivněno podélnými žebry ve vylehčené části a dělením do sloupových a mezisloupových pruhů které přesahuje přes oblasti plné a vylehčené desky.

Závěrem tedy je, že nadpodporové momenty z deskového modelu dosahují vyšších hodnot a momenty v poli v oblasti vylehčení dosahují vyšších hodnot než z metody náhradních rámců. Z tohoto vyplývá, že u konstrukce namodelované deskovým modelem, je lépe popsáno příčné spolupůsobení žebířů v jednotlivých směrech a díky tomu je možno přesněji zohlednit reálné chování konstrukce, zároveň tak nedojde k poddimenzování vylehčených částí a oblastí podpor.

### 7.2. VARIANTA S HLAVICEMI

Porovnáme-li výsledky získané metodou náhradních rámců a deskového modelu se v oblasti polí (oblasti tvořené především deskou o tloušťce 260 mm) rozdíly momentů pohybují od 6,3 do 22,6 %. Co se týče chování konstrukce v oblasti hlavic dosahují rozdíly od 6 do 59,7 %. Toto chování je ovlivněno přerozdělením momentů do příčného směru na přechodu oblastí desky o tloušťce 260 mm a hlavic o tloušťce 460 mm.

Závěrem tedy je, že nadpodporové momenty z deskového modelu dosahují vyšších hodnot v oblasti sloupových pruhů. V oblastech středních pruhů jsou však hodnoty nižší, což je způsobeno tvarem desky, kdy na sloupový pruh připadá větší podíl zatížení.

Deskový model však dokázal lépe popsat příčné spolupůsobení a skutečné tvarové uspořádání desky.

## 8. POROVNÁNÍ CENOVÉ NÁROČNOSTI

### 8.1. VARIANTA VYLEHČENÁ – ROZPOČET

Č.	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem	Hmotnost celkem
----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------	-----------------

#### HSV Práce a dodávky HSV

**8 938 402,30 1 856,994**

#### 4 Vodorovné konstrukce

**7 534 782,48 1 856,612**

1	411354175	Zřízení podpěrné konstrukce stropů v do 4 m pro zatížení do 20 kPa	m2	2 311,030	226,00	522 292,78	17,263
2	411351101	Zřízení bednění stropů deskových	m2	1 247,700	381,00	475 373,70	2,683
3	4113511X1	Zřízení bednění stropů deskových plastovými tvarovkami	kus	2 217,000	355,00	787 035,00	0,000
4	411361821	Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505	t	79,315	38 000,00	3 013 970,00	83,690
5	411321616	Stropy deskové ze ŽB tř. C 30/37	m3	714,500	3 280,00	2 343 560,00	1 752,976
6	411351102	Odstranění bednění stropů deskových	m2	1 247,700	116,00	144 733,20	0,000
7	4113511X2	Odstranění bednění stropů deskových plastovými tvarovkami	kus	2 217,000	63,10	139 892,70	0,000
8	411354176	Odstranění podpěrné konstrukce stropů v do 4 m pro zatížení do 20 kPa	m2	2 311,030	46,70	107 925,10	0,000

#### 9 Ostatní konstrukce a práce, bourání

**1 039 649,00 0,383**

9	953241514	Osazení smykových dilatačních trnů pro vysoká zatížení únosnost 78,8 kN nerezových	kus	633,000	303,00	191 799,00	0,000
10	548793230	trn dilatační SLD Q 70 plus	kus	51,000	7 450,00	379 950,00	0,383
11	548000X01	trn smykový proti protlačení JDA-3/16/295-660	kus	256,000	1 000,00	256 000,00	0,000
12	548000X02	trn smykový proti protlačení JDA-2/20/305-460	kus	326,000	650,00	211 900,00	0,000

#### 998 Přesun hmot

**363 970,82 0,000**

13	998012022	Přesun hmot pro budovy monolitické v do 12 m	t	1 856,994	196,00	363 970,82	0,000
----	-----------	--	---	-----------	--------	------------	-------

#### Celkem

**8 938 402,30 1 856,994**

## 8.2. VARIANTA S HLAVICEMI – ROZPOČET

Č.	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem	Hmotnost celkem
----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------	-----------------

### HSV Práce a dodávky HSV

**6 526 516,43 1 272,072**

#### 4 Vodorovné konstrukce

**5 951 564,32 1 271,757**

1	411354175	Zřízení podpěrné konstrukce stropů v do 4 m pro zatížení do 20 kPa	m2	2 358,260	226,00	532 966,76	17,616
2	411351101	Zřízení bednění stropů deskových	m2	2 358,260	381,00	898 497,06	5,070
3	411361821	Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505	t	67,411	38 000,00	2 561 618,00	71,129
4	411321616	Stropy deskové ze ŽB tř. C 30/37	m3	480,120	3 280,00	1 574 793,60	1 177,941
5	411351102	Odstranění bednění stropů deskových	m2	2 358,260	116,00	273 558,16	0,000
6	411354176	Odstranění podpěrné konstrukce stropů v do 4 m pro zatížení do 20 kPa	m2	2 358,260	46,70	110 130,74	0,000

#### 9 Ostatní konstrukce a práce, bourání

**325 626,00 0,315**

7	953241514	Osazení smykových dilatačních trnů pro vysoká zatížení únosnost 78,8 kN nerezových	kus	42,000	303,00	12 726,00	0,000
8	548793230	trn dilatační SLD Q 70 plus	kus	42,000	7 450,00	312 900,00	0,315

#### 998 Přesun hmot

**249 326,11 0,000**

9	998012022	Přesun hmot pro budovy monolitické v do 12 m	t	1 272,072	196,00	249 326,11	0,000
---	-----------	--	---	-----------	--------	------------	-------

### Celkem

**6 526 516,43 1 272,072**

## 9. ZÁVĚR

V diplomové práci byly navrženy dvě varianty střešní desky mezi bytovými domy, návrh sloupu varianty vylehčené. Pro tyto konstrukce byla nadimenzována výztuž a zpracována výkresová dokumentace. Jednotlivé varianty byly posouzeny na mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti a tabulkově na zatížení požárem.

Bylo provedeno srovnání výsledků z RFEM s metodou náhradních rámců. Toto srovnání bylo provedeno pro obě varianty v charakteristických řezech. Při porovnání obou variant docházím k závěru, že se výsledky výrazně liší.

Dále byl zpracován rozpočet pro jednotlivé varianty, při němž bylo zjištěno, že cenová náročnost varianty s plastovými tvarovkami je téměř o 27 % větší než u varianty s hlavicemi.

Z hlediska snížení cenové náročnosti varianty s vnějším vylehčením by mohlo být změněno uspořádání vylehčujících tvarovek. Nové uspořádání by mělo být zvoleno tak, aby byl zvětšen počet tvarovek a zmenšeny pruhy o tloušťce 360 mm mezi sloupy. Tímto

by byla snížena hmotnost konstrukce jako takové a dosaženo příznivějších hodnot zatížení vlastní tíhou. Tato optimalizace by mohla být tématem navazující práce.

## 10.ZDROJE

### KNIHY

ZICH, Miloš a kolektiv. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokodů*. Praha: Verlag Dashöfer, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.

TOLASZ, Radim. *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1.

ZOUFAL, Roman. *Hodnoty požárních odolností stavebních konstrukcí podle Eurokódu*. Praha: Pavus 2009, ISBN 978-80-904481-0-0.

### NORMY

ČSN EN 1990 (730002) *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.

ČSN EN 1991-1-1 (730035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.

ČSN EN 1991-1-2 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru*. Praha: Český normalizační institut, 2004.

ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 (730035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2013.

ČSN EN 1991-1-4 (730035) *Aktuální vydání Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.

ČSN EN 1991-1-5 (730035) *Aktuální vydání Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

ČSN EN 1991-1-7 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení - Mimořádná zatížení. Praha: Český normalizační institut, 2007.

ČSN EN 1992-1-1 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.

ČSN EN 1992-1-1 ZMĚNA Z3 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2016.

ČSN EN 1992-1-2 (731201) Aktuální vydání Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: Český normalizační institut, 2006.

ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

## **TECHNICKÉ LISTY VÝROBCE**

Technické informace Schöck Smykové trny. *Schöck Wittek s.r.o* [online]. Opava, 2013 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: [http://www.schoeck-wittek.cz/upload/documents/flashbook/cs/dorn\\_dehnfugenkonstruktionen/technick\\_informace\\_schoeck\\_dorn\\_13-11-22\\_3738/index.html#12](http://www.schoeck-wittek.cz/upload/documents/flashbook/cs/dorn_dehnfugenkonstruktionen/technick_informace_schoeck_dorn_13-11-22_3738/index.html#12)

JORDAHL Přehled produktů. *Pfeifer Stavební technika, s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://www.jpcz.cz/files/8813/8927/4834/30cs.pdf>

## **SOFTWARE**

AutoCAD 2010 – studentská verze.

Microsoft Office Word 2016 – studentská verze

Microsoft Office Excel 2016 – studentská verze

RFEM 5.06 – studentská verze

FIN EC v5 – studentská verze

JORDAHL® EXPERT Výztuž proti protlačení

## 11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$g_k$	charakteristická hodnota stálého zatížení
$q_k$	charakteristická hodnota užitného zatížení
$g_d$	návrhová hodnota stálého zatížení
$q_d$	návrhová hodnota užitného zatížení
$h_s$	tloušťka desky
$l$	osové rozpětí
$l_n$	světlé rozpětí
$V_{Ed}$	posouvající síla
$f_{yk}$	charakteristická hodnota meze kluzu
$f_{yd}$	návrhová hodnota meze kluzu
$f_{ck}$	charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku
$f_{cd}$	návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku
$f_{ctm}$	střední hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
$\varepsilon_{cu}$	mezí poměrné přetvoření betonu v tlaku
$\varepsilon_s$	poměrné přetvoření betonářské výztuže
$E$	modul pružnosti daného materiálu
$k$	ohybová tuhost prvku
$l/r$	křivost ohybové čáry v určitém průřezu
$c_{nom}$	krytí výztuže vrstvou betonu
$d_g$	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
$A_c$	průřezová plocha betonu
$A_{st}$	plocha navržené betonářské výztuže
$A_{st,min}$	minimální možná plocha betonářské výztuže
$A_{st,max}$	maximální možná plocha betonářské výztuže
$A_{st,req}$	nutná plocha betonářské výztuže
$b$	šířka průřezu
$d$	účinná výška průřezu
$x$	poloha neutrální osy

$x_{lim}$	limitní poloha neutrální osy
$z$	rameno vnitřních sil
$M_{Rd}$	moment na mezi únosnosti
$v_{Ed}$	maximální smykové napětí
$v_{Rd,c}$	smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
$\rho$	stupeň vyztužení
$\gamma_c$	dílčí součinitel betonu
$\gamma_s$	dílčí součinitel betonářské výztuže
$ZS$	zatěžovací stav

## 12. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha B1 – Statický výpočet – varianta vylehčená

Příloha B2 – Výkresová dokumentace

Příloha B3 – Příloha ke statickému výpočtu

Příloha B4 – Ruční výpočet a porovnání výsledků s RFEM

Příloha C1 – Statický výpočet – varianta s hlavicemi

Příloha C2 – Výkresová dokumentace

Příloha C3 – Příloha ke statickému výpočtu

Příloha C4 – Ruční výpočet a porovnání výsledků s RFEM

Příloha D1 – Použité podklady